

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3844584 A1

⑳ Aktenzeichen: P 38 44 584.0  
㉑ Anmeldetag: 1. 12. 88  
㉒ Offenlegungstag: 7. 6. 90

⑤① Int. Cl. 5:  
**B29C 51/08**  
// B29K 27:12,67:00,  
69:00,77:00,1:00,  
B29L 22:00,11:00

DE 3844584 A1

㉗ Anmelder:  
Niebling, Curt, 8122 Penzberg, DE

㉘ Vertreter:  
Kern, W., Dipl.-Ing.; Brehm, H., Dipl.-Chem.  
Dr.phil.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑥② Teil aus: P 38 40 542.3

㉚ Erfinder:  
Niebling, Curt, 8122 Penzberg, DE; Wank, Joachim,  
Dipl.-Ing., 4047 Dormagen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Kunststoff-Formteils und das erhaltene Kunststoff-Formteil

Bei einem Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Kunststoff-Formkörpers wird ebenes kaltreckbares Folienmaterial bei einer vorgegebenen Arbeitstemperatur mit einem fluiden Druckmittel beaufschlagt und ist statisch umgeformt. Um die zur Herstellung erforderliche Taktzeit erheblich zu verkürzen, wird die Umformung des Folienmaterials bei einer Arbeitstemperatur unterhalb der Erweichungstemperatur des Folienmaterials und unter einem Druckmitteldruck größer 20 bar vorgenommen. An die Innwand des so erzeugten tiefgezogenen Kunststoff-Formteils kann zusätzlich Kunststoff angespritzt werden.

DE 3844584 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Kunststoff-Formteils. Solche Formteile können bei ausreichender Formstabilität direkt für viele Anwendungsfälle eingesetzt werden, oder sie bilden ein wertvolles Zwischenprodukt zur Bereitstellung von Kunststoff-Formkörpern, die unterschiedlich gefärbte und/oder transparente Wandabschnitte aufweisen. Derartige Kunststoff-Formkörper werden beispielsweise als Leuchtzeichen oder Instrumenten-Abdeckung, beleuchtbare Druck- oder Schalter-Taste oder Rückleuchtenlinse in Kraftfahrzeugen benötigt.

Dünnwandige, tiefgezogene Kunststoff-Formteile werden typischerweise nach dem Vakuumverfahren oder dem Preßluftverfahren durch Umformung von Folien oder Platten aus thermoplastischen Materialien erhalten, die vor ihrer Umformung auf eine oberhalb der Materialerweichungstemperatur gelegene Temperatur erwärmt worden sind. Zur isostatischen Umformung einer erweichten Folie oder Platte nach dem Preßluftverfahren ist ein Arbeitsmitteldruck kleiner 6 bar üblich und völlig ausreichend. Eine Erwärmung auf wenigstens die Erweichungstemperatur erfordert Energie und Zeit. Das verformte Produkt kann nur formstabil aus dem Werkzeug entnommen werden, was eine Abkühlung von Produkt und Werkzeug voraussetzt. Erwärmung und Abkühlung vor und nach jedem Umformungsschritt verlängern die Taktzeit einer Produktionseinrichtung. Typischerweise wird auch eine allmähliche Umformung vorgenommen, um am Fertigprodukt mechanische Spannungen und Dickenschwankungen möglichst gering zu halten.

Aus der DE-OS 37 27 926 ist ein Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Formteils aus einem Folienmaterial aus kalt-reckbarem Kunststoff, bei dem das ebene Folienmaterial bei einer Arbeitstemperatur des Folienmaterials mit Hilfe eines Druckfluids isostatisch umgeformt wird, bekannt. Bei bekannten Verfahren werden ebene und/oder vorgeformte Platten aus unidirektional oder multidirektional mit Kurzfasern oder Langfasern verstärkte Thermoplaste als Halbzeug mittels Heißpressen in einem beheizbaren, aus einer Formmulde und einer Abdeckung bestehenden Formwerkzeug umgeformt. Zwischen dem Halbzeug und der Abdeckung wird eine Trennfolie mit guter Dehneigenschaft angeordnet, die einen größeren Verformungswiderstand hat als das Halbzeug. Die Umformung erfolgt mittelbar; d.h., das Druckfluid wirkt auf die Trennfolie ein, und die letztere formt und preßt das Halbzeug an die Formmulde. Die Trennfolie hat eine höhere Formänderungsfestigkeit und setzt der Verformung einen größeren Widerstand entgegen als das Halbzeug. Unter diesen Bedingungen wird für das gasförmige oder flüssige Druckfluid vorzugsweise ein Druck zwischen 2 und 20 bar vorgesehen. Die Beaufschlagung mit Druck und Temperatur erfolgt vorzugsweise so lange, bis das weiche Thermoplast-Halbzeug und die Trennfolie sich in den Konturen der Werkzeugform angelegt haben.

Beim bekannten Verfahren muß das Halbzeug wenigstens auf die Erweichungstemperatur des Kunststoffmaterials erwärmt werden. Die notwendige Dauer der Erwärmung und die anschließende Abkühlphase innerhalb des Formwerkzeugs, bis eine ausreichende Festigkeit zur Entnahme aus dem Werkzeug erreicht ist, erfordern vergleichsweise hohe Taktzeiten.

Aus der DE-PS 37 33 759 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Behälters aus einer tiefziehfähigen thermoplastischen Verbundfolie aus Kunststoff mit einer Schicht aus Polyvinylidenchlorid bekannt. Als tiefziehfähiger thermoplastischer Kunststoff wird Polypropylen genannt. Die Verbundfolie wird anfänglich auf eine Temperatur oberhalb 130°C erwärmt, um den Kristallisationsgrad des Polyvinylidenchlorids herabzusetzen, danach auf eine Temperatur unterhalb 75°C abgeschreckt und unmittelbar nach dem Abschrecken durch Tiefziehen umgeformt. Als Umformungsverfahren wird das Vakuumverfahren angegeben, das bekanntlich bei einem Druckmitteldruck kleiner 0,95 bar arbeitet. Das Abschrecken soll mit möglichst großer Abkühlgeschwindigkeit erfolgen; trotzdem wird für das Abschrecken und Tiefziehen eine Zeitspanne zwischen 15 und 300 Sekunden empfohlen.

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Kunststoff-Formteils, wobei ebenes, kalt-reckbares Folienmaterial bei einer vorgegebenen Arbeitstemperatur mit einem fluiden Druckmittel beaufschlagt und isostatisch umgeformt wird.

Eine wesentliche Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, bei einem Verfahren der angegebenen Art die Taktzeit erheblich zu verkürzen und trotzdem ein gleichmäßiges Fließverhalten des Folienmaterials während des Tiefziehvorgangs zu erzielen. Weiterhin soll Energie eingespart werden.

Ausgehend von einem Verfahren mit den oben angegebenen Maßnahmen ist die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgaben und Ziele dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials bei einer Arbeitstemperatur unterhalb der Erweichungstemperatur des Folienmaterials unter einem Druckmitteldruck größer 20 bar vorgenommen wird. Vorzugsweise wird bei einer Arbeitstemperatur zwischen 80 und 130°C gearbeitet. Weiterhin wird vorzugsweise unter diesen Bedingungen eine stoßartige Umformung des Folienmaterials vorgenommen.

Das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltene Erzeugnis kann wenigstens einen Oberflächenabschnitt eines Kunststoff-Formkörpers bilden. Solche Kunststoff-Formkörper sind vorzugsweise durch Anspritzen von einfachem, transparentem Kunstharz an die konkave Innenwand des erfindungsgemäß erzeugten, tiefgezogenen Kunststoff-Formteils erhältlich. Vorzugsweise kann ein Farbaufdruck sandwichartig zwischen zwei Lagen Folienmaterial eingebettet sein, und diese doppelschichtige Anordnung ist mit einer angespritzten, wesentlich dickeren Kunststoffschicht verstärkt. Solche Kunststoff-Formkörper können insbesondere als Gehäuseteil, Blende, Abdeckelement, Leuchtzeichen-Umrandung bzw. -Abdeckung, Lichtmaske, Drucktaste, Schalter, Schaltdeckel, beleuchtetes Armaturenbrett, Instrumentenabdeckung, Rückleuchtenlinse und dergleichen ausgebildet sein. Vorzugsweise weisen diese Teile wenigstens einen bei Hinterlicht durchscheinenden Wandabschnitt auf, der von einer Lichtundurchlässigen Bildmaske begrenzt ist.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist festgestellt worden, daß bei der vorzugsweise stoßartigen, isostatischen Hochdruckverformung unter einem überraschend hohen Druckmitteldruck das kalt-reckbare thermoplastische Folienmaterial weitgehend kontrolliert und gleichmäßig fließt, wenn tritt ein Weichwerden und Fließen des gesamten Materials auf. Die Erweichungstemperatur des betrachteten Materials ist erreicht oder

überschritten. Oberhalb dieser Erweichungstemperatur ist einfacher Materialtransport durch Fießen des Materials möglich. Spritzgußverfahren nutzen diesen erleichterten Materialtransport und arbeiten typischerweise oberhalb der Erweichungstemperatur. Die Erweichungstemperatur der wichtigsten in Frage kommenden Folienmaterialien sind bekannt oder können einfach bestimmt werden, beispielsweise als Vicat-Erweichungspunkt.

Die erfindungsgemäße isostatische Hochdruckumformung wird unterhalb der Erweichungstemperatur, vorzugsweise wenigstens 40° K und mehr unterhalb der Erweichungstemperatur des jeweiligen Folienmaterials durchgeführt. Die Erweichungstemperatur von Polycarbonaten auf der Basis von Bisphenol A (etwa MAKROLON- oder MAKROFOL-Folien) liegt überhalb 150°C. Die Spritzgußverarbeitung dieser Polycarbonate erfolgt typischerweise oberhalb 200°C. Demgegenüber kann die erfindungsgemäße isostatische Hochdruckumformung solcher Polycarbonatfolien bei Zimmertemperatur durchgeführt werden.

Aufgrund ihres Anteiles an amorphen Bestandteilen weist die Mehrzahl der thermoplastischen, teilkristallinen Kunststoffe unterhalb ihrer Erweichungstemperatur eine Glasübergangstemperatur, kurz "Glastemperatur" ( $T_g$ ) auf. Beim Überschreiten der Glastemperatur wird die Molekülbeweglichkeit der amorphen Anteile erhöht, weil vorher "eingefrorene" Bewegungs- und Rotationsfreiheitsgrade "aufgetaut" werden. Oberhalb der Glasübergangstemperatur vermögen die Makromoleküle der Polymere und Kunststoffe Platzwechselvorgänge leichter auszuführen, was sich in einer gesteigerten ("Makro-") Brownschen Molekularbewegung ausdrückt. Das Kunststoffmaterial nimmt den sogenannten "Glaszustand" ein. Die Glastemperatur ( $T_g$ ) eines Folienmaterials hängt von verschiedenen Faktoren ab, zu denen die chemische Konstitution (Anteil an polaren Gruppen), die räumliche Konfiguration (ataktisches oder syntaktisches Material), die Vorbehandlung (Gehalt an Leerstellen), der Gehalt an Copolymerisatorkomponenten und gegebenenfalls ein Weichmacheranteil gehören. Die Glastemperatur kann insbesondere mit Hilfe dynamischer Methoden bestimmt werden, zu denen beispielsweise die Messung der Temperatur-abhängigen Veränderung mechanisch-dynamischer Eigenschaften (etwa der Verlustmodul) gehören. Darüberhinaus ist für die wichtigsten, hier in Frage kommenden Folienmaterialien die Glastemperatur ( $T_g$  bzw.  $T_g(\text{dyn})$ ) bekannt.

Zwischen der Erweichungstemperatur und der Glastemperatur eines Kunststoffes kann ein erheblicher Abstand bestehen. Beispielsweise weist Polyethylenterephthalat eine Erweichungstemperatur von etwa 260°C und eine Glastemperatur (abhängig vom Kristallitenanteil) zwischen etwa 65 und 81°C auf.

Die erfindungsgemäße isotaktische Hochdruckumformung erfolgt unterhalb der Erweichungstemperatur und vorzugsweise oberhalb der Glastemperatur des Folienmaterials. Oberhalb der Glastemperatur ist dank der größeren Molekülbeweglichkeit der Formänderungswiderstand herabgesetzt und die plastische Deformierbarkeit (Zähigkeit) des Folienmaterials erhöht. Das zum Tiefziehen erforderliche "plastische Ziehen" des Folienmaterials kann leichter durchgeführt werden.

Besonders bevorzugt wird bei einer Arbeitstemperatur zwischen 80 und 130°C gearbeitet. Die für das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise vorgesehenen kalt-reckbaren thermoplastischen Folienmaterialien

weisen zumeist eine Glastemperatur ( $T_g(\text{dyn})$ ) unterhalb 80°C und eine Erweichungstemperatur oberhalb 130°C auf. Eine Umformung oberhalb 80°C erleichtert die molekulare Umorientierung der Polymer-Moleküle und vermindert das Rückstellvermögen des verformten Kunststoffes bei Raum- oder Gebrauchstemperatur, weil die Umformung unter "plastischem Fließen" erfolgte. Im Bedarfsfalle kann das Rückstellvermögen durch eine Temperbehandlung oberhalb 80°C noch weiter herabgesetzt werden.

Die Umformung des Folienmaterials wird vorzugsweise unter einem Druckmitteldruck zwischen 50 und 300 bar und besonders bevorzugt unter einem Druckmitteldruck zwischen 60 und 250 bar vorgenommen. Die Auswahl des Druckmitteldruckes wird vor allem durch die mechanischen Eigenschaften des Folienmaterials und die Schichtdicke der Folie bestimmt. Beispielsweise hat sich bei einer Polycarbonat-Folie mit einer Schichtdicke von 50 µm ein Arbeitsmitteldruck von wenigstens 20 bar, bei einer Schichtdicke von 100 µm ein Arbeitsmitteldruck von 50 bar und bei einer Schichtdicke von 200 µm und mehr ein Arbeitsmitteldruck von 100 bar und höher gut bewährt und liefert in jedem Falle eine scharfkantige Nachbildung des Formhohlraumes.

Bei der erfindungsgemäßen, isostatischen Hochdruckumformung erfolgt eine schnelle Umformung des Folienmaterials. Vorzugsweise erfolgt eine stoßartige Umformung bei der direkten, ungebremsten Beaufschlagung der Folie(n) mit dem fluiden Druckmittel, das sich unter einem Druck größer 20 bar befindet. Innerhalb von Sekundenbruchteilen nach Öffnung eines Einlaßventils für das Druckmittel ist die Folie an den Formhohlraum angepaßt und der Umformungsvorgang beendet. Bei gewissen, mechanisch weniger belastbaren Folienmaterialien kann ein verzögerter Druckaufbau durch gedrosselte Druckmittelzufuhr ratsam sein. Auch bei größeren Mehrnutzen-Formwerkzeugen kann die vollständige Umformung der gesamten Folie etwas länger dauern. In jedem Falle ist die Umformung innerhalb von 5 Sekunden und vorzugsweise innerhalb weniger als 2 Sekunden abgeschlossen.

Als fluide Druckmittel können die typischerweise eingesetzten Flüssigkeiten und Gase verwendet werden. Im Hinblick auf Kosten, Verfügbarkeit und einfache Handhabung wird vorzugsweise mit Druckluft gearbeitet. Auch Inertgas wie Stickstoff, Helium oder Argon sind in Einzelfällen gut geeignet. Beim Auftreffen auf die Ebene, zu verformende Kunststoff-Folie soll das Druckmittel wenigstens die Arbeitstemperatur aufweisen. Auch höhere Druckmitteltemperaturen sind möglich, soweit sie nicht zu einer Erweichung des Folienmaterials führen. Typischerweise wird das unter entsprechendem Druck gehaltene Druckmittel schlagartig durch Öffnen eines Einlaßventiles zugeführt und bewirkt eine augenblickliche, stoßartige Umformung des Folienmaterials, so daß der gesamte Tiefziehvorgang innerhalb von Sekundenbruchteilen abgeschlossen ist. Bei gewissen, einreiß- oder bruchempfindlichen Folien, beispielsweise aus organischen Celluloseestern, kann es zweckmäßig sein, den Druckaufbau kontrolliert zu verzögern, indem das Druckmittel durch eine Drossel zugeführt wird. Auch in diesem Falle ist die Umformung des Folienmaterials zumindest innerhalb weniger Sekunden abgeschlossen.

Die Schichtdicke des umzuformenden Folienmaterials wird in erster Linie durch die Anforderungen des bestimmten Verwendungszweckes und durch die Kalt-Verformbarkeit des Folienmaterials bestimmt. Wenig-

stens Schichtstärken zwischen 40 und 2000 µm können nach dem erfindungsgemäßen Verfahren umgeformt werden und werden vorzugsweise vorgesehen. Besonders bevorzugt werden Folien mit einer Schichtdicke zwischen 50 und 500 µm eingesetzt. Besonders gute Ergebnisse wurden beispielsweise mit Polycarbonatfolien ("MAKROLON oder MAKRO-FOL" von BAYER AG) mit einer Schichtdicke zwischen 100 und 200 µm erhalten. Eine Schichtdicke von 500 µm liefert für die wichtigsten Anwendungsfälle bereits ein tiefgezogenes, selbsttragendes Formteil.

Unter den Bedingungen der erfindungsgemäßen isostatischen Hochdruckumformung kann gleichzeitig in einem Arbeitsschritt auch eine mehrlagige Folienanordnung umgeformt werden. Häufig ist eine zwei-lagige Anordnung zweckmäßig, bei der sich ein Farbaufdruck auf einer Innenfläche einer Folienbahn befindet. Auf der Innenfläche der anderen, nicht bedruckten Folie wird blasenfrei eine Klebemittelschicht, beispielsweise ein Heiß-Siegel-Kleber aufgetragen. Die beiden Folienbahnen können unterschiedliche Schichtdicken aufweisen. Die Sandwich-Anordnung wird in einem einzigen Arbeitsschritt umgeformt. Am dann erhaltenen, dünnwandigen, bedruckten, tiefgezogenen Kunststoff-Formteil befindet sich der Farbaufdruck geschützt "innen" zwischen je einer Lage Folienmaterial. Wird die konkave Innenwand eines solchen zweilagigen Formteils mit schmelzflüssigem Kunstharz hinterspritzt, so wird der Farbaufdruck nicht beschädigt, obwohl das weitere Kunstharz mit einer Temperatur aufgebracht wird, die typischerweise 100°K und mehr oberhalb der Verformungs-/ Erweichungs-Temperatur des Farbträgers des Farbaufdruckes liegt. Unter den Spritzbedingungen wird auch die Klebemittelschicht, beispielsweise der Heiß-Siegel-Kleber ausgehärtet. Es wird ein verstärkter Kunststoff-Formkörper erhalten, bei welchem der Farbaufdruck sandwichartig zwischen zwei Lagen Folienmaterial eingebettet ist.

Für die Auswahl des Folienmaterials sind neben typischen Faktoren wie Preis, Verfügbarkeit, mechanische Stabilität und Dauerhaftigkeit vor allem die Kalt-Verformbarkeit (Verformbarkeit bei Raumtemperatur) und das Rückstellvermögen nach erfolgter Umformung maßgebend. Vorzugsweise werden kalt-reckbare, thermoplastische Folienmaterialien eingesetzt, die bei Raum- und Gebrauchstemperatur ein möglichst geringes Rückstellvermögen aufweisen. Eine verbleibende geringe Rückstellneigung kann durch Hinterspritzen der konkaven Innenwand des dünnwandigen, tiefgezogenen Formteils mit einem anderen Kunstharz kompensiert werden, um einen formstabilen Kunststoff-Formkörper zu erhalten. Für viele Anwendungsfälle ist zusätzlich die Transparenz des Folienmaterials von Bedeutung. Für solche Anwendungsfälle werden vorzugsweise Folienmaterialien mit guter bis hoher Transparenz vorgesehen. Im Rahmen umfangreicher Untersuchungen haben sich insbesondere Folienmaterialien auf der Basis Polycarbonate (beispielsweise die von BAYER AG vertriebenen MAKROLON-Sorten), Polyester, insbesondere aromatische Polyester (beispielsweise Polyalkylenterephthalate), Polyamide (beispielsweise PA 6- oder PA 66-Sorten, hochfeste "Aramid-Folien"), Polyimide (beispielsweise die unter der Handelsbezeichnung "KAPTON" vertriebenen Folien auf der Basis von Poly-(diphenyloxid-pyromellithimid)) gut bewährt und werden vorzugsweise angewandt. Besonders gute Ergebnisse wurden mit Folienmaterialien aus Polycarbonaten ("MAKROLON"), Polyalkylenterephthalaten und

Polyimiden ("KAPTON") erzielt; solche Materialien werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugt verarbeitet. Auch organische thermoplastische Celluloseester, insbesondere deren Acetate, Propionate und Acetobutyrate (beispielhafte Folienmaterialien werden von BAYER AG unter der Handelsbezeichnung CELLIDOR vertrieben) sind geeignet und können im Einzelfall eingesetzt werden. Der etwas geringeren mechanischen Belastbarkeit kann durch einen geringeren Arbeitsmitteldruck und/oder verzögerten Druckaufbau zur Umformung begegnet werden. Reine Polyolefine wie beispielsweise Polyäthylen oder Polypropylen, besitzen zwar eine ausreichende Kalt-Verformbarkeit, weisen jedoch ein so hohes Rückstellvermögen auf, daß sie für das erfindungsgemäße Verfahren weniger geeignet sind. Andererseits können Polyfluorkohlenwasserstoffe insbesondere die unter der Bezeichnung FEB bekannten Copolymerisate aus Tetrafluoräthylen und Hexafluorpropylen erfolgreich nach dem erfindungsgemäßen Verfahren umgeformt werden. FEB-Folie ist auch in transparenter Ausführungsform verfügbar.

Zur Durchführung der erfindungsgemäß vorgesehenen isostatischen Hochdruckumformung wird das — gegebenenfalls mit einem erwärmten Farbaufdruck versehene — Folienmaterial zwischen einer Negativform und einem Gegenstück in definierter Lage angeordnet; die Negativform und das Gegenstück werden druckdicht geschlossen, und durch einen oder mehrere im Gegenstück ausgesparte Kanäle wird ein fluides Druckmedium zugeführt, welches das Folienmaterial isostatisch an eine in der Negativform ausgebildete Aussparung anpreßt, wobei Negativform, Gegenstück und Druckmedium wenigstens die Arbeitstemperatur aufweisen. Vorrichtungen dieser Art sind grundsätzlich vom Preßluft-Umformverfahren her bekannt und werden im vorliegenden Falle an den wesentlich höheren Druckmitteldruck angepaßt. Die in der Negativform ausgebildete Aussparung kann beispielsweise eine Formfläche zwischen 10 mm<sup>2</sup> und 300 000 mm<sup>2</sup> aufweisen. Die Formtiefen sind abhängig von der Formfläche und sollen zu meist 50 mm nicht übersteigen; vorzugsweise sind Formtiefen kleiner 20 mm vorgesehen. Vorzugsweise werden innerhalb dieser Grenzen Formfläche(n) und Formtiefe derart aufeinander abgestimmt, daß die durch den Tiefziehvorgang bewirkte Flächenzunahme 120% der verformbaren Folienfläche nicht übersteigt. Die vorzugsweise eingesetzten Folienmaterialien machen unter den Bedingungen der erfindungsgemäßen isostatischen Hochdruckumformung ohne weiteres eine Flächenverdoppelung (100%-ige Flächenzunahme) mit. Es kann auch mit Mehrnutzen-Formwerkzeugen gearbeitet werden, die eine Anzahl Formnester aufweisen, beispielsweise 32 Formnester und mehr.

Für die Herstellung bestimmter Schalterdeckel wurde beispielsweise mit einem Mehrnutzen-Formwerkzeug gearbeitet, dessen Negativform 20 Aussparungen mit je einer Formfläche von 60 x 60 mm bei einer Formtiefe von 10 mm aufwies; die Hohlraum-Seitenflächen waren vertikal bezüglich des Hohlraum-Bodens und des Formrandes angeordnet. Bei einer Arbeitstemperatur von etwa 100°C konnte eine 100 µm starke MAKROLON-Folie mit Hilfe von Druckluft von 180 bar schlagartig an jeden Formhohlraum angepreßt werden, ohne daß irgendeine Rißbildung, Schwächung und/oder sonstige Beschädigung der Folie festzustellen war. Negativform und Gegenstück sowie Druckluft wurden bei etwa 120°C gehalten. An den fertigen Formteilen betru-

gen die Dickenschwankungen weniger als 10%.

Das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltene dünnwandige, tiefgezogene Kunststoff-Formteil kann in vielen Fällen direkt für den vorgesehenen Anwendungszweck eingesetzt werden, beispielsweise als von innen beleuchteter Schalterdeckel oder Drucktaster, der einen transparenten, ein vorgegebenes Symbol wiedergebenden Abschnitt aufweist, der von einem lichtundurchlässigen Farbaufdruck umgeben ist. Mit Folienstärken von wenigstens 500 µm kann zumeist ein ausreichend formstabiles Formteil erzeugt werden, insbesondere, wenn das letztere Abmessungen im Zentimeterbereich aufweist.

Alternativ ist es möglich, an die konkave Innenwand der erfindungsgemäß hergestellten dünnwandigen Tiefziehteile ein einfaches, preiswertes, vorzugsweise transparentes Kunstharz anzuspritzen, um auch bei größeren Gegenständen die erforderliche Formstabilität zu gewährleisten. Für diese zusätzliche Verstärkungsschicht haben sich beispielsweise Schichtdicken zwischen 3 und 5 mm gut bewährt. Das zusätzlich aufgespritzte Kunstharz soll mit dem Folienmaterial verträglich sein; vorzugsweise handelt es sich in chemischer Hinsicht um das gleiche Material. Um beim nachträglichen Aufspritzen von Kunststoff einen vorhandenen Farbaufdruck nicht zu beschädigen (die Spritztemperatur der Spritzmasse liegt wesentlich höher als die Erweichungs-/Verformungstemperatur des Farbträgers des Farbaufdruckes) wird vorzugsweise ein zweilagiges Formteil verwendet, bei welchem der Farbaufdruck sandwichartig zwischen zwei Lagen Folienbahnen eingebettet ist. Der Farbaufdruck ist fixiert und ein direkter Kontakt mit der heißen Spritzmasse wird vermieden.

Es werden formstabile Kunststoff-Formkörper erhalten, bei denen wenigstens ein Oberflächenabschnitt aus einem erfindungsgemäß erzeugten, dünnwandigen tiefgezogenen, vorzugsweise mehrfarbigen Kunststoff-Formteil besteht. Bei solchen formstabilen Kunststoff-Formkörpern kann es sich beispielsweise um Gehäuseteile, Blenden, Abdeckelemente, Leuchtzeichen-Umrandungen bzw. -Abdeckungen, Lichtmasken, Drucktasten, Schalter, Schalterdeckel, beleuchtbare Armaturenbretter, Instrumentenabdeckungen, Rückleuchtenlinsen und dergleichen handeln. Vorzugsweise weisen diese Formkörper wenigstens einen, bei Hinterlicht durchscheinenden Wandabschnitt auf, der von einer Lichtundurchlässigen Bildmaske begrenzt ist. Im Falle bedruckter Formkörper ist der Farbaufdruck vollständig in Kunststoff eingebettet und vor Abrieb geschützt.

Nachstehend wird die Erfindung mehr im einzelnen anhand einer bevorzugten Ausführungsform mit Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert; die letzteren zeigen:

Fig. 1 in einer Draufsicht einen ebenen, bedruckten Folienabschnitt;

Fig. 2 in einer Draufsicht ein aus dem ebenen Folienabschnitt nach Fig. 1 gemäß der erfindungsgemäßen isostatischen Hochdruckumformung erhaltenes, dünnwandiges tiefgezogenes Kunststoff-Formteil;

Fig. 3 in einer Schrägansicht das tiefgezogene Kunststoff-Formteil nach Fig. 2;

Fig. 4 eine Schnittdarstellung des tiefgezogenen Kunststoff-Formteils längs der Schnittlinie IV-IV aus Fig. 3;

Fig. 5 in einer Schrägansicht einen erfindungsgemäßen Kunststoff-Formkörper, der durch Hinterspritzen des tiefgezogenen Kunststoff-Formteils nach Fig. 2, 3 und 4 erhältlich ist;

Fig. 6 eine Schnittdarstellung des Kunststoff-Formkörpers längs der Schnittlinie VI-VI aus Fig. 5;

Fig. 7a, 7b und 7c. — jeweils in einer Schrägansicht — ein weiteres Beispiel eines dünnwandigen tiefgezogenen Kunststoff-Formteils und des daraus durch Hinterspritzen mit Kunststoff erhältlichen Kunststoff-Formkörpers in Form eines Schalterdeckels.

Der mit Fig. 3 schematisch dargestellte Kunststoff-Formkörper dient als Blende einer Einrichtung zur Regelung der Lüftung/Heizung in einem Kraftfahrzeug. Als Ausgangsmaterial dient eine transparente, gegebenenfalls mattierte Folie aus Polycarbonatmaterial, auf der Basis Bisphenol A (MAKROLON, bezogen von BAYER AG) mit einer Schichtdicke von 125 µm. Entsprechend den vorgesehenen Symbolen und Bildern an der Lüftungs/Heizungs-Blende werden im Siebdruckverfahren mehrere Farbschichten aufgetragen. Zuerst wird deckend ein schwarzer Farbaufdruck aufgetragen, der Fenster für die Bilder freiläßt. Anschließend werden diese Fenster mit verschiedenen Farben, beispielsweise ausgewählte Bilder in blau, weiß und rot bedruckt. Die für die Farbaufdrucke verwendeten Farben enthalten in allen Fällen einen Farbstoffträger, der bei etwa 100°C erweicht. Sämtliche Farbaufdrucke befinden sich, teilweise übereinander, auf der gleichen Oberfläche der Folie.

Auf die bedruckte Oberfläche der ebenen Folie wird eine weitere, mit Heiß-Siegel-Kleber beschichtete ebene Folie blasenfrei aufgelegt. Die weitere Folie ist transparent, weist eine Schichtdicke von 125 µm auf und besteht ebenfalls aus MAKROLON. Die erhaltene Doppelfolie wird auf eine Temperatur zwischen etwa 80 und 120°C erwärmt; dies kann beispielsweise in einem Wärmefen oder in einer mit Wärmestrahlern versehenen Durchlaufstrecke erfolgen. Die ca. 90 bis 100°C warme Doppelfolie wird in definierter Anordnung in ein Formwerkzeug eingelegt. Gearbeitet wird mit einem Dreinutzen-Formwerkzeug mit einer Nutzenfläche von 240 x 340 mm. Die einzelne Formfläche beträgt 207 x 68 mm. Zu jeder einzelnen Formfläche gehören drei im Abstand angeordnete zylindrische Aushöhlungen mit einem Durchmesser von 38 mm und einer Formtiefe von 6 mm. Zur Gewährleistung einer definitiven Anordnung der Doppelfolie auf der Negativform weist die Doppelfolie an diagonal gegenüberliegenden Ecken Kerben auf, und die Negativform ist an gegenüberliegenden Ecken mit entsprechenden Aufhängestiften versehen, zwischen denen die Doppelfolie passend eingelegt wird.

Die Presse wird zugefahren, bis der Rand des Gegenstückes dicht an der Oberseite der Folie anliegt. Die Form wird mit einem Hydraulikmitteldruck von 100 t geschlossen. Durch das Gegenstück wird erwärmte Druckluft eingeblasen, die eine Temperatur von etwa 120°C aufweist. Die Druckluftzufuhr wird über ein Einlaßventil gesteuert, das ca. 1 Sekunde lang geöffnet bleibt. Daraufhin wird das Einlaßventil geschlossen und ein Auslaßventil geöffnet, um eine Druckentlastung des gesamten Forminnenraumes durchzuführen. Daraufhin wird die Form geöffnet und der tiefgezogene Bogen entnommen.

Die gesamte Umformung des verformbaren, 240 x 340 mm großen Doppelfolienabschnittes erfolgt durch Beaufschlagung mit Druckluft während der Öffnung des Einlaßventiles und ist in weniger als 1 Sekunde abgeschlossen. Unmittelbar nach Öffnung der Form kann der tiefgezogene Bogen entnommen werden, weil weit unterhalb der Erweichungstemperatur des Poly-

carbonatmaterials gearbeitet worden ist.

Aus dem erhaltenen, tiefgezogenen Bogen werden die einzelnen (3) Formteilabschnitte ausgestanzt. Jeder Formteilabschnitt wird in ein Spritzgußwerkzeug eingelegt und mit transparentem Kunststoff bis zu einer Schichtdicke von etwa 3 mm hinterspritzt. Als Spritzmasse dient ebenfalls ein Polycarbonatmaterial (MAKROLON). Es wird ein fester, formstabiler Kunststoff-Formkörper erhalten, der mit einem mehrfarbigen Farbaufdruck versehen ist. Der Farbaufdruck befindet sich "innerhalb" der Formkörperwand durch eine ca. 120 µm dicke Kunststoffschiicht von der Oberfläche entfernt und ist damit vor Abrieb und Beschädigung geschützt. Die einzelnen farbigen Symbole, Muster und Bildabschnitte stellen farbig-transparente Wandabschnitte dar, die von einer undurchsichtigen, schwarzen Bildmaske begrenzt sind. Im Gebrauch wird typischerweise durch eine oder mehrere, hinter dem Kunststoff-Formkörper angeordnete Lichtquelle(n) die Erkennbarkeit dieser Ziffern und Symbole im vergleichsweise dunklen Raum eines Kraftfahrzeuges ganz wesentlich gesteigert. Der erhaltene Kunststoff-Formkörper kann als Blende für eine Lüftungs-/Heizungs-Regelung an einem Kraftfahrzeug verwendet werden. Die erfindungsgemäße Herstellung dieses Formkörpers erfordert wesentlich weniger Aufwand und Kosten, als die Herstellung eines gleichen, mehrfarbigen Formkörpers nach dem Spritzgußverfahren.

Die Fig. 1 zeigt in einer Draufsicht in Originalgröße die ebene Folie für ein Formteil nach Durchführung sämtlicher Siebdruckvorgänge. Aus zeichnerischen Gründen sind die am Original weißen und/oder farbigen Ziffern und Symbole schwarz dargestellt, und die am Original schwarze Grundfläche ist weiß dargestellt.

Die Fig. 2 zeigt in einer Draufsicht die nämliche Folie nach Durchführung des Tiefziehvorganges entsprechend dem oben angegebenen Verfahrensbeispiel. Wiederum ist eine originalgetreue Wiedergabe gegeben. Es ist gut zu erkennen, daß der Tiefziehvorgang keine erkennbare Änderung der Lage, Anordnung und Konturschärfe der einzelnen Symbole und Bilder bewirkt hat.

Die Fig. 3 und 4 zeigen das nach dem Tiefziehvorgang erhaltene, dünnwandige, tiefgezogene Kunststoff-Formteil in einer Schrägansicht bzw. in einer Schnittdarstellung. Die Fig. 5 und 6 zeigen jeweils in einer Schrägansicht bzw. in einer Schnittdarstellung einen Kunststoff-Formkörper, der durch Hinterspritzen des dünnwandigen tiefgezogenen Kunststoff-Formteils nach den Fig. 2, 3 und 4 mit einer ca. 3 mm starken transparenten Kunststoffschiicht erhalten worden ist.

Die Fig. 7a, 7b und 7c zeigen jeweils in einer Schrägansicht die verschiedenen Stufen zur Erzeugung eines als Schalterdeckel dienenden Kunststoff-Formkörpers. Wiederum stellen die Figuren getreue Nachbildungen der Originale dar. Obwohl sich hier Bilder an einem Folienabschnitt befinden, der im Verlauf des Tiefziehvorganges in den Formhohlraum hinein verformt wird, tritt praktisch keine Verzerrung und/oder sonstige Verschlechterung der auf die ebene Folie aufgedruckten Bildmaske auf.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Kunststoff-Formteils, wobei ebenes kalt-reckbares Folienmaterial bei einer vorgegebenen Arbeitstemperatur mit einem fluiden Druck-

mittel beaufschlagt und isostatisch umgeformt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials bei einer Arbeitstemperatur unterhalb der Erweichungstemperatur des Folienmaterials und unter einem Druckmitteldruck größer 20 bar vorgenommen wird.

2. Verfahren zur Herstellung eines dünnwandigen, tiefgezogenen Kunststoff-Formteils, wobei ebenes, kalt-reckbares Folienmaterial bei einer vorgegebenen Arbeitstemperatur direkt mit einem fluiden Druckmittel beaufschlagt und isostatisch umgeformt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials bei einer Arbeitstemperatur unterhalb der Erweichungstemperatur des Folienmaterials und unter einem Druckmitteldruck größer 20 bar vorgenommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Arbeitstemperatur zwischen 80 und 130°C gearbeitet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials unter einem Druckmitteldruck zwischen 50 und 300 bar vorgenommen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials unter einem Druckmitteldruck zwischen 60 und 250 bar vorgenommen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials innerhalb einer Zeitspanne kleiner 5 Sekunden durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials innerhalb einer Zeitspanne kleiner 2 Sekunden durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung des Folienmaterials stoßartig durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Arbeitsschritt ein doppelschichtiges Folienmaterial umgeformt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen den beiden Folienbahnen eine Klebemittelschicht befindet.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein kalt-reckbares Folienmaterial mit einer Schichtdicke zwischen 40 und 2000 µm umgeformt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein kalt-reckbares Folienmaterial mit einer Schichtdicke zwischen 50 und 500 µm umgeformt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein kalt-reckbares Folienmaterial aus thermoplastischen Kunststoffen auf der Basis von Polycarbonaten, Polyamiden, Polyimiden, Polyester, organischen Celluloseestern oder Polyfluorkohlenwasserstoffen umgeformt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein transparentes Folienmaterial verwendet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung der isostatischen Umformung das Folienmaterial zwischen einer Negativform und einem Gegenstück in definierter Lage angeordnet wird; Nega-

tivform und Gegenstück druckdicht geschlossen werden; und durch einen oder mehrere im Gegenstück ausgesparte Kanäle ein fluides Druckmedium zugeführt wird, welches das Folienmaterial isostatisch an eine in der Negativform ausgebildete Aussparung anpreßt, wobei Negativform, Gegenstück und Druckmedium wenigstens die Arbeitstemperatur aufweisen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung an einer Negativform durchgeführt wird, die eine Anzahl Formnester aufweist.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung an einer Negativform durchgeführt wird, die eine oder mehrere Formfläche(n) mit einer Gesamtformfläche zwischen 10 und 300 000 mm<sup>2</sup> aufweist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung an einer Negativform durchgeführt wird, deren Formhohlraumtiefe weniger als 50 mm beträgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung an einer Negativform durchgeführt wird, deren Formhohlraumtiefe nicht mehr als 20 mm beträgt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausmaß der Umformung auf eine Flächenzunahme kleiner 120% der Ausgangsfläche des Folienmaterials beschränkt wird.

21. Ein formstabiles Kunststoff-Formteil, dadurch gekennzeichnet, daß das Kunststoff-Formteil entsprechend einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20 erhältlich ist.

22. Kunststoff-Formteil nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß an die konkave Innenwand des tiefgezogenen Kunststoff-Formteils weiterer Kunststoff angespritzt ist.

23. Kunststoff-Formteil nach Anspruch 21 oder 22, gekennzeichnet durch eine Ausbildung als Gehäuseeteil, Blende, Abdeckelement, Leuchtzeichen-Umrandung bzw. -Abdeckung, Lichtmaske, Drucktaste, Schalter, Schalterdeckel, beleuchtbares Armaturenbrett, Instrumentenabdeckung, Rückleuchtenlinse.

24. Kunststoff-Formteil nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch wenigstens einen, bei Hinterlicht durchscheinenden Wandabschnitt, der von einer Licht-undurchlässigen Bildmaske begrenzt ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

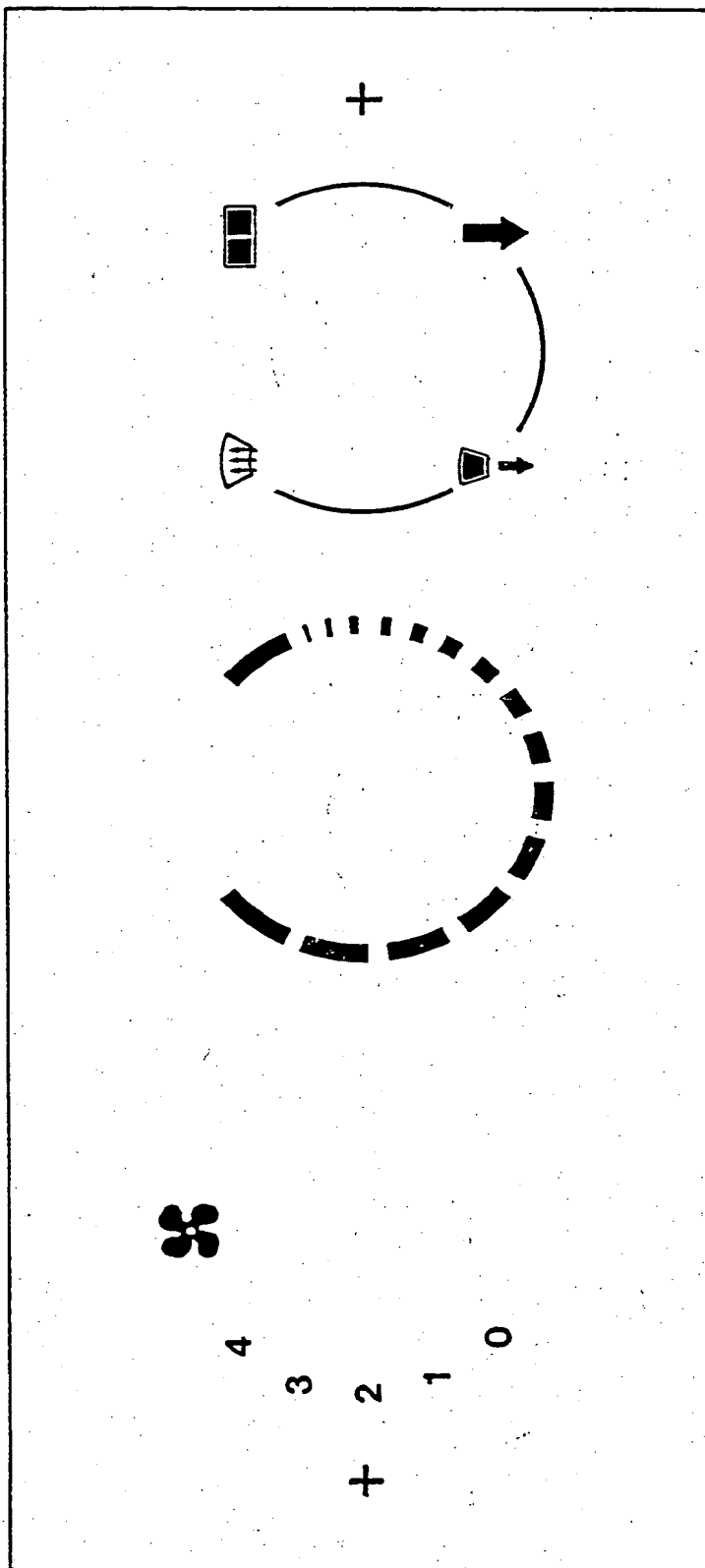


Fig. 1



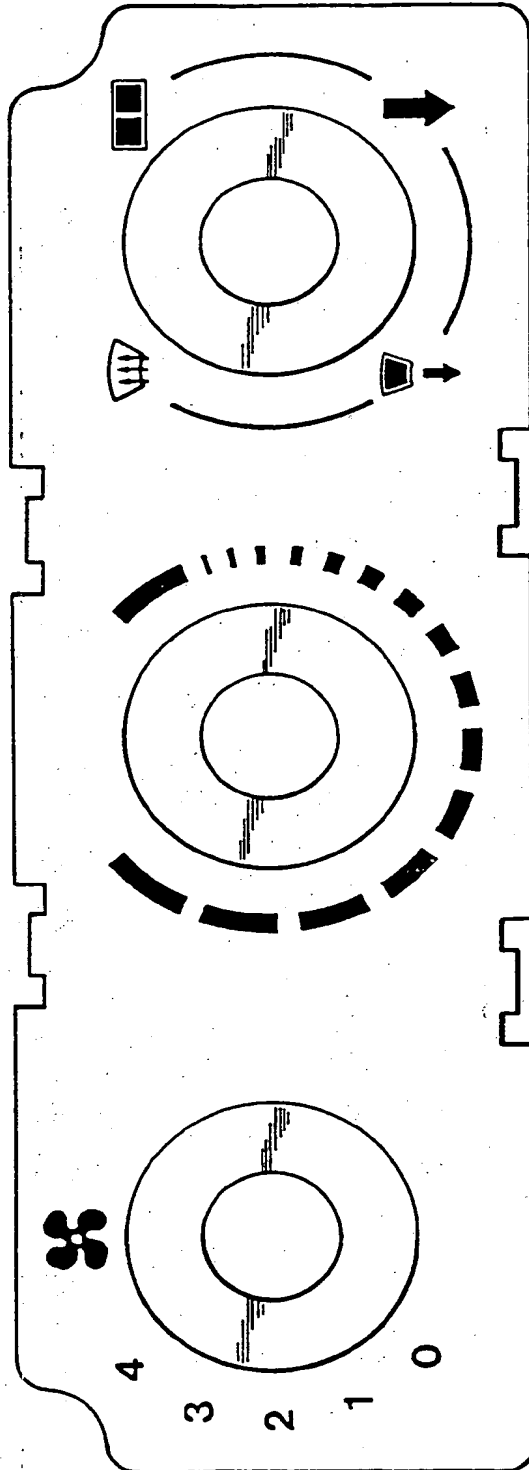


Fig. 2

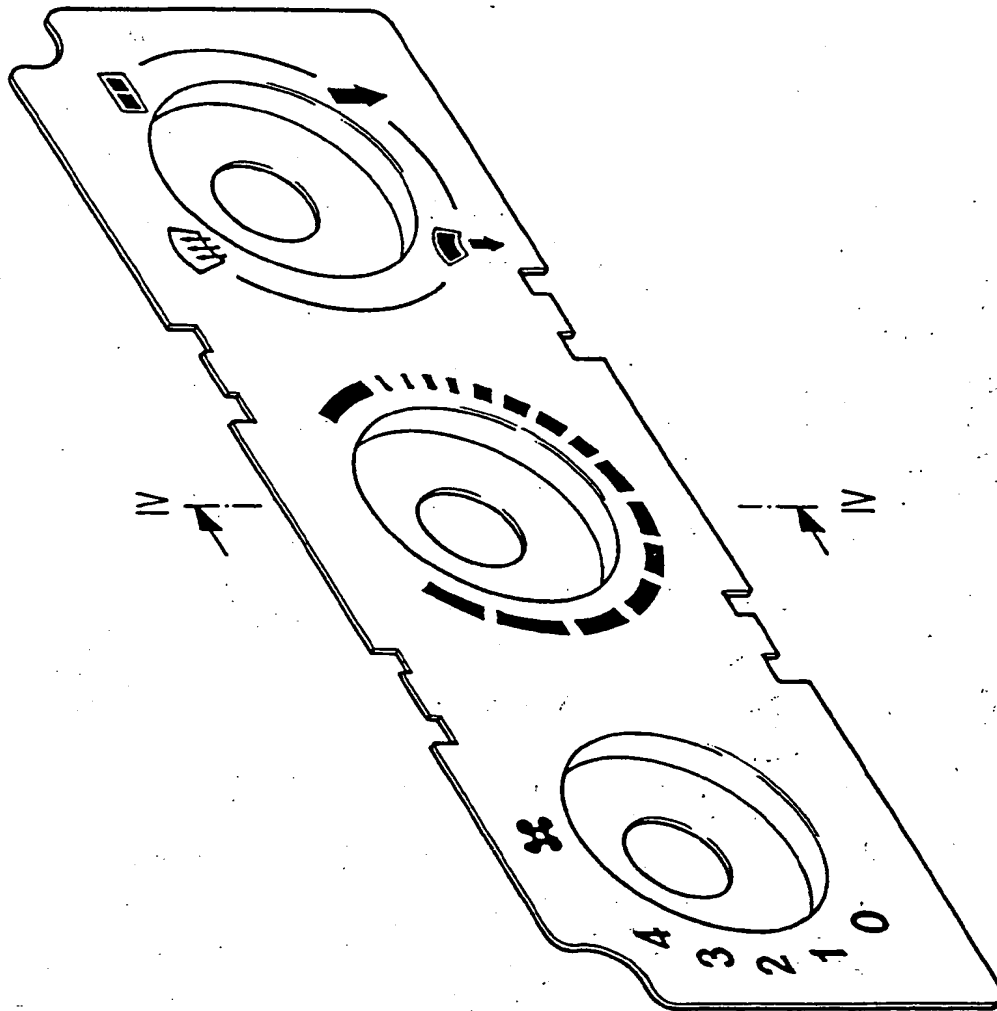


Fig. 3



Fig. 4

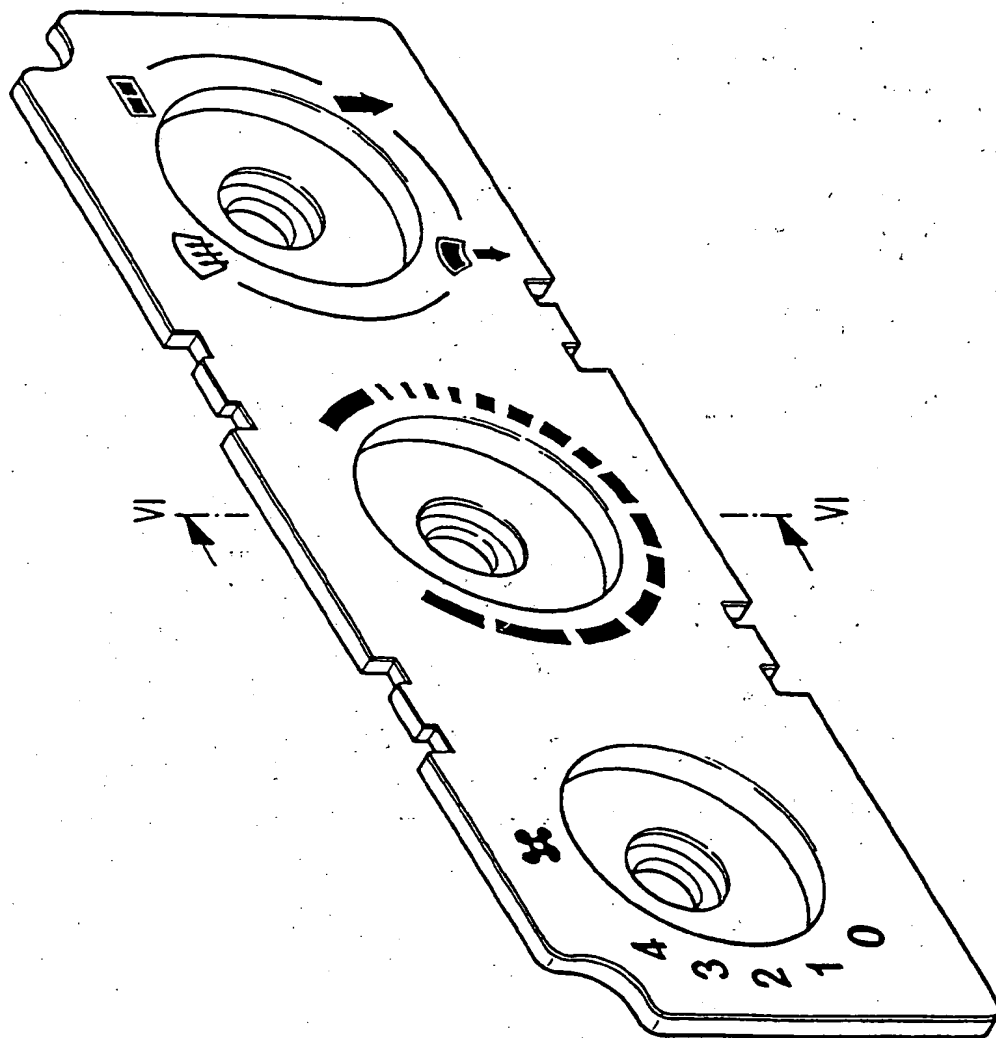


Fig. 5

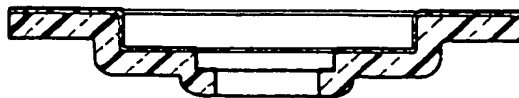


Fig. 6

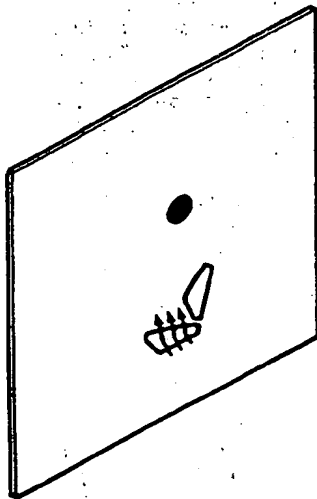


Fig. 7a

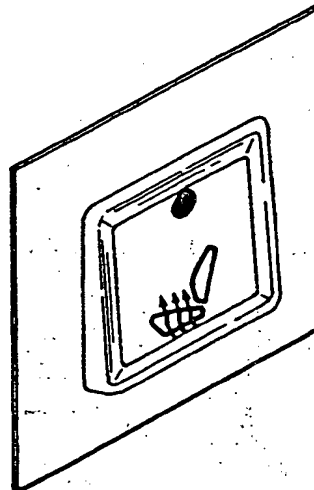


Fig. 7b

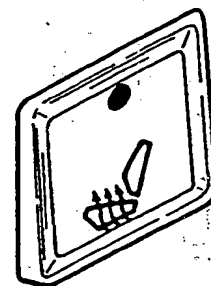


Fig. 7c